



TWÓJ PARTNER W  
**BEZPIECZEŃSTWIE**

CENTRUM NAUKOWO-BADAWCZE  
OCHRONY PRZECIWOŻAROWEJ  
im. Józefa Tuliszkowskiego  
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

# Zagrożenia pożarowe magazynów energii i instalacji PV

mł. bryg. mgr inż. **Wojciech Klapsa**  
Zespół Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości  
CNBOP-PIB  
e-mail: [wklapsa@cnbop.pl](mailto:wklapsa@cnbop.pl)

CNBOP-PIB®





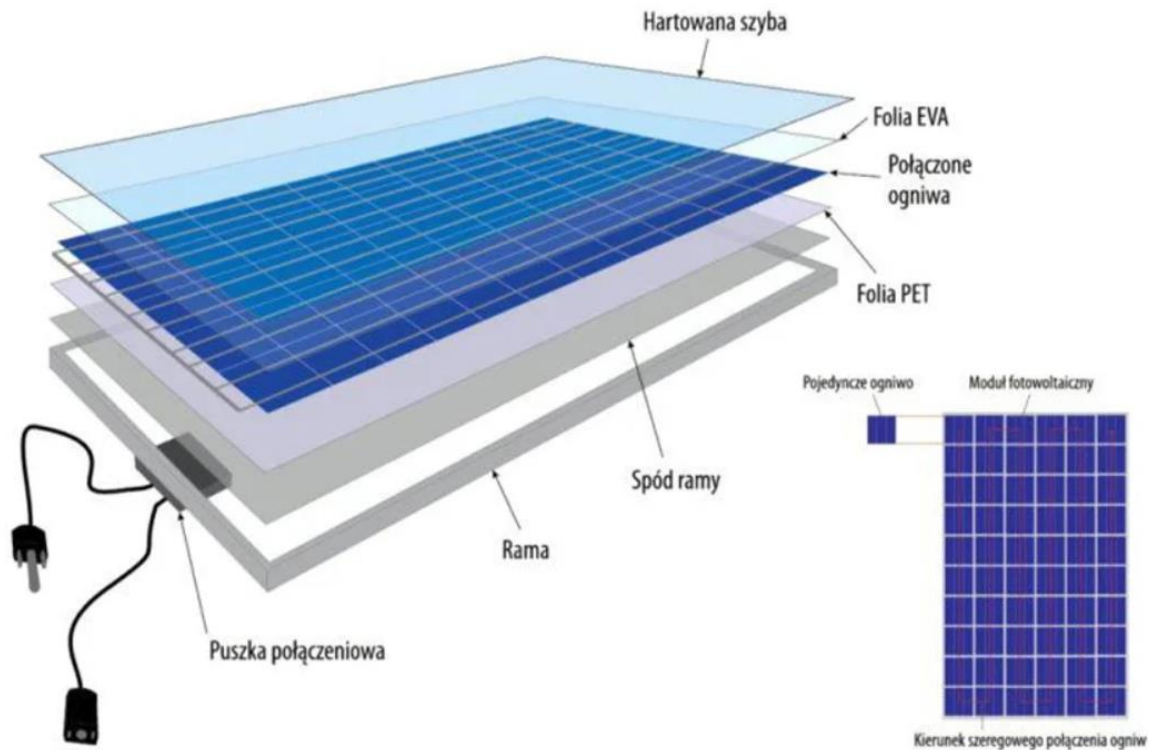
CNBOP-PIB

# INSTALACJE PV



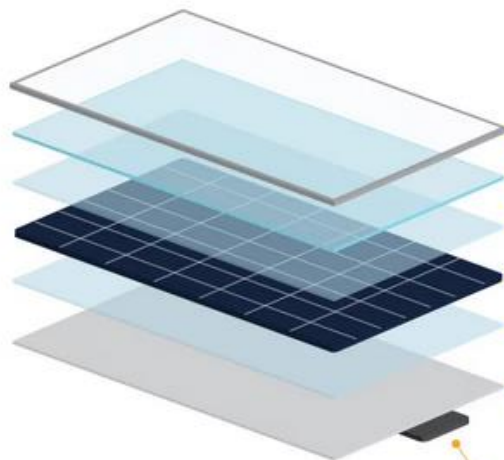
CNBOP-PIB

# Budowa paneli PV - jednostronne



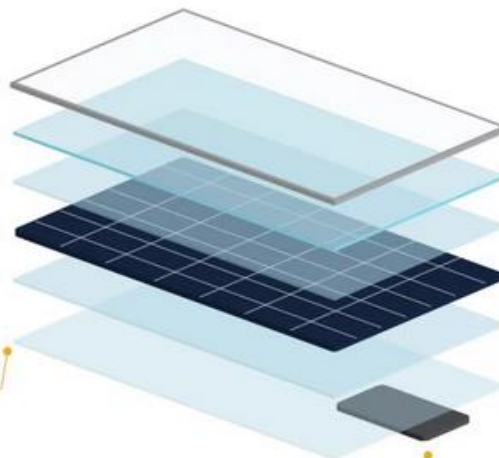
# Budowa paneli PV - dwustronne

## MODUŁ SZKŁO-FOLIA



- RAMA
- SZKŁO HARTOWANE
- ENKAPSULANT
- OGNIWA FOTOWOLTAICZNE
- ENKAPSULANT
- FOLIA OCHRONNA (NIEPRZEŻROCZYSTA)
- PUSZKA PRZYŁĄCZENIOWA

## MODUŁ SZKŁO-SZKŁO



- SZKŁO PRZEŻROCZYSTE
- PUSZKA PRZYŁĄCZENIOWA



CNBOP-PIB

# Instalacje BIPV

**Instalacje BIPV** (ang. Building Integrated Photovoltaics) – instalacje fotowoltaiczne zintegrowane ze strukturą budynku.

Koncepcja instalacji BIPV zakłada, że elementy budynków (np. pokrycia dachowe, szyby fasadowe, okna) zostaną wyposażone w elementy fotowoltaiczne.



CNBOP-PIB

# Instalacje BIPV



— TWÓJ PARTNER W  
BEZPIECZENSTWIE





# Instalacje PV - wymagania

**Ustawa Prawo Budowlane. Zgodnie z art. 29 ust 4 pkt.3c (...) do urządzeń fotowoltaicznych o mocy zainstalowanej elektrycznej większej niż 6,5 kW stosuje się obowiązek uzgodnienia z rzeczoznawcą do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych pod względem zgodności z wymaganiami ochrony przeciwpożarowej (...) projektu tych urządzeń oraz zawiadomienia organów Państwowej Straży Pożarnej, o którym mowa w art. 56 ust. 1a.**



CNBOP-PIB

## Instalacje PV – Więc w czym problem?

Moduły PV wg krajowych i europejskich wymagań nie są wyrobami budowlanymi.

Dlatego nie można do nich wprost zastosować wymagań zasadniczych charakterystyk, dla których nie jest wymagane odniesienie do stosownej zharmonizowanej specyfikacji technicznej w tym reakcji na ogień i odporności na ogień zewnętrzny.





# Instalacje PV - wymagania

Ocena, co składa się na daną budowlę jako całość techniczno-użytkową, w kontekście kwalifikacji paneli fotowoltaicznych – wyrok Wojewódzkiego Sądu Administracyjnego w Szczecinie z dnia 14 grudnia 2022 r., sygn. akt: I SA/Sz 491/22:

„W żadnym z katalogów ani obiektów budowlanych, ani części budowlanych urządzeń technicznych nie zostały w sposób wyraźny wymienione panele czy ogniwa fotowoltaiczne. Jednak oba katalogi zarówno obiektów budowlanych, jak i części budowlanych urządzeń technicznych mają charakter otwarty. Oceny kwalifikacji paneli zatem należy dokonać o oparciu następujące kryteria: budowę, wygląd oraz funkcję jaką spełniają. Żadne z tych kryteriów nie są wspólne dla paneli i wymienionych przykładowo obiektów budowlanych, zwłaszcza wskazać należy, że przykładowo wskazane obiekty nie są ani z budowy, ani z wyglądu zbliżone do paneli, ponadto spełniają różne funkcje, a żaden z przykładów nie spełnia funkcji zamiany energii słonecznej na elektryczną, ani też zamiany innej energii.”.





CNBOP-PIB

# Instalacje PV - wymagania

Ocena, co składa się na daną budowlę jako całość techniczno-użytkową, w kontekście kwalifikacji paneli fotowoltaicznych – wyrok Wojewódzkiego Sądu Administracyjnego w Szczecinie z dnia 14 grudnia 2022 r., sygn. akt: I SA/Sz 491/22:

„Przy ocenie, co składa się na daną budowlę jako całość techniczno-użytkową nie można pominąć wyliczenia budowli, zawartego w art. 3 pkt 3 u.p.b. i urządzeń budowlanych, zawartego w art. 3 pkt 9 tej ustawy. Nie może zatem być uznany za budowlę lub urządzenie budowlane obiekt, który nie jest wymieniony wprost w przepisach ustawy Prawo budowlane i nie jest do tych obiektów nawet podobny.”.



CNBOP-PIB

# Instalacje PV – Więc w czym problem?

Czy jednak można całkowicie zrezygnować z tej oceny???

Przecież projekt wymaga uzgodnienia z rzeczoznawcą!

# Instalacje PV – PN-EN 61730-1; PN-EN 61730-2

**Table 4 – Fire hazard tests**

Test	Title	Referenced standards	Based on
			IEC 61215-2
MST 21	Temperature test	ANSI/UL 1703:2015	–
MST 22	Hot-spot endurance test	–	<b>MQT 09</b>
MST 23*	Fire test	–	National/Local code
MST 24	Ignitability test	ISO 11925-2	–
MST 25	Bypass diode thermal test	–	<b>MQT 18</b>
MST 26	Reverse current overload test	ANSI/UL 1703:2015	–

\* Fire tests are locally regulated and typically only required for building integrated or building added products, typically to verify their ability to resist fire from external sources.

# Instalacje PV – PN-EN 61730-1; PN-EN 61730-2

- Wymagane testy w zależności od klasy panelu PV

Class according to IEC 61140			Tests
II	0	III	
			<b>Fire hazard tests:</b>
X	X	X	MST 21 Temperature test
X	X	X	MST 22 Hot-spot endurance test
X <sup>2</sup>	X <sup>2</sup>	X <sup>2</sup>	MST 23 Fire test
X	X	X	MST 24 Ignitability test
X	X	X	MST 25 Bypass diode thermal test
X	X	-	MST 26 Reverse current overload test

2) Testy ogniowe regulowane są przepisami krajowymi, typowo wymagane dla paneli montowanych do budynku lub zintegrowanych. Wykonanie testu nie jest zależne od klasy panelu a od sposobu montażu.



# Instalacje PV – PN-EN 61730-1; PN-EN 61730-2

## 10.17 Test ogniowy MST 23

### 10. 17.1 Cel

Moduły PV mogą być narażone na zewnętrzne warunki pożaru, dlatego należy je testować pod kątem ich właściwości ognioodpornych, gdy są narażone na źródło ognia pochodzące spoza modułu PV, co może obejmować budynek, na którym są zainstalowane lub w którym są zintegrowane, lub z sąsiedniego budynku.

Wymagania dotyczące odporności ogniowej modułu PV przeznaczonego do zastosowań budowlanych są określone w lokalnych lub krajowych przepisach budowlanych.

Moduły fotowoltaiczne jako produkty budowlane - tj. materiały służące jako pokrycia dachowe, elementy integrowane z budynkami lub montowane na budynkach - podlegają szczególnym wymagom bezpieczeństwa wynikającym z krajowych przepisów budowlanych.





# Instalacje PV – PN-EN 61730-1; PN-EN 61730-2

Należy zauważyć, że podstawowe wymagania dotyczące bezpieczeństwa przeciwpożarowego nie są zharmonizowane na szczeblu międzynarodowym.

Dlatego nie jest możliwe zdefiniowanie ogólnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa przeciwpożarowego modułów PV, ponieważ powszechnie nie stosuje się uznawania wyników testów.

Wymagania dotyczące testów ogniowych mają być uwzględnione jako różnice krajowe w tej normie. Kraje, w których odporność produktów budowlanych na ogień zewnętrzny lub promieniowanie cieplne nie jest objęta przepisami budowlanymi, mogą odwołać się do Załącznika B.



## Instalacje PV – PN-EN 61730-1; PN-EN 61730-2

Moduły PV montowane w budynkach lub na nich, generalnie, muszą spełniać krajowe przepisy i wymogi budowlane. Jeśli takie wymogi nie są dostępne, poniższe normy międzynarodowe i krajowe podają informacje dotyczące testów, które można wykorzystać:

(PN-EN) ISO 13501-5 Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków -- Część 5: Klasyfikacja na podstawie wyników badań oddziaływania ognia zewnętrznego na dachy  
ENV 1187-1 do -4 Metody badań oddziaływania ognia zewnętrznego na dachy





## Instalacje PV – Badania

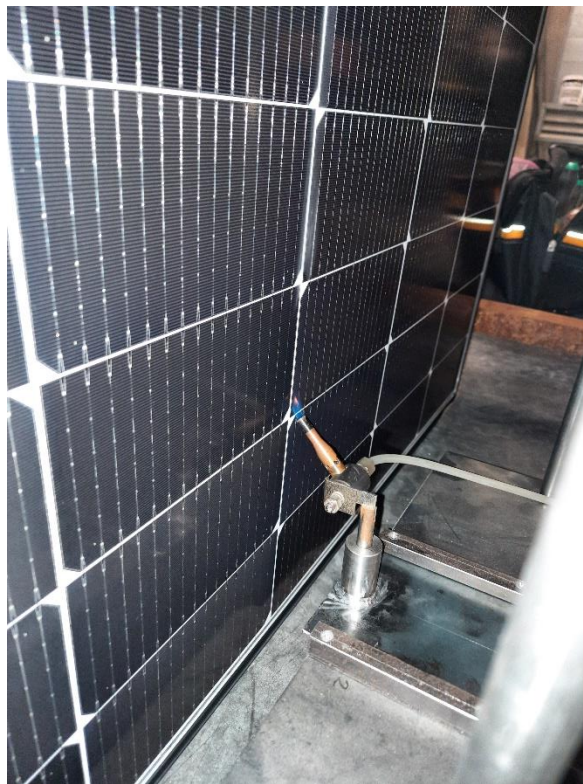
Zintegrowane z budynkiem systemy fotowoltaiczne należy testować w połączeniu z określonym systemem montażowym, zgodnie z instrukcją montażu producenta uwzględniając materiał montażowy i połączenia między modułami PV, a także materiały uszczelniające.

Producent modułu PV ma zapewnić realistyczną konstrukcję dach, w tym belki poprzeczne i wszystkie elementy mocujące. Dopuszcza się badanie tylko jednego modułu PV w przypadku modułów nie zintegrowanych z budynkiem pod warunkiem jeśli nie wykorzystuje się polimerowych materiałów na połączenia, montaż oraz ramę modułu.



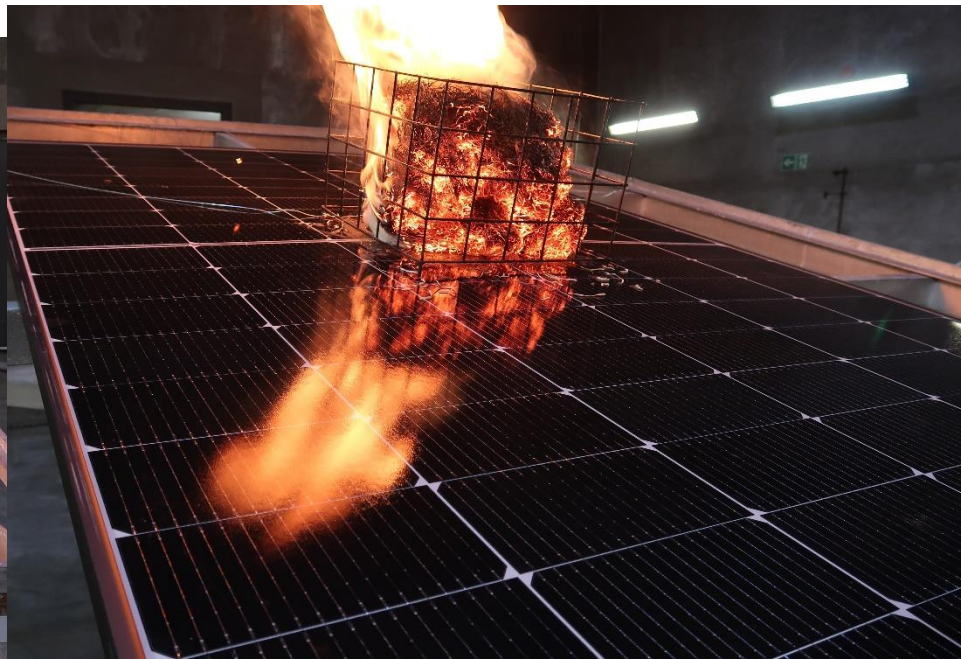
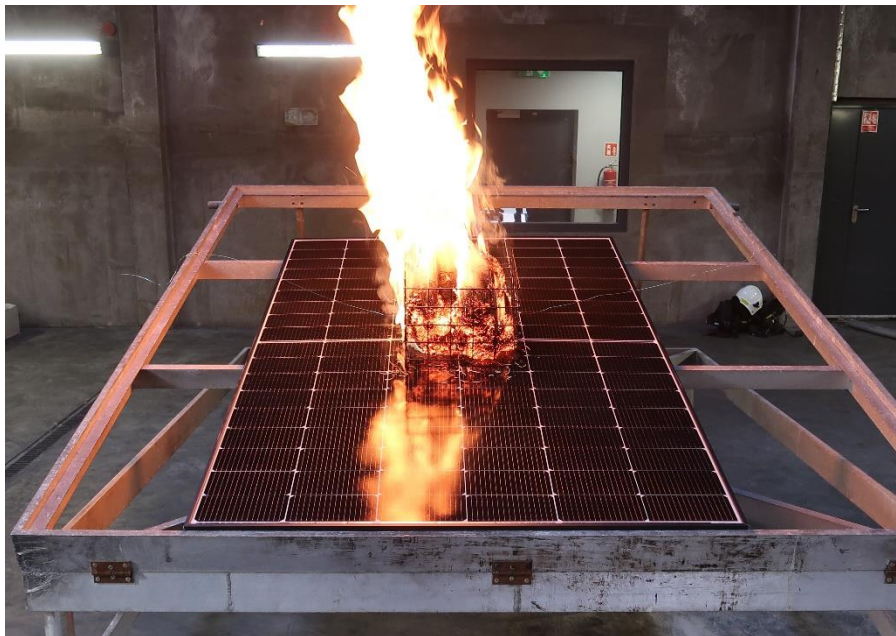


# Instalacje PV – Badania – PN-EN ISO 11925-2





# Instalacje PV – Badania – CEN/TS 1187





CNBOP-PIB

# Instalacje PV – Badania – Ocena bezpieczeństwa „zestawu”



Badania w RISE

# Instalacje PV – Badania – Ocena bezpieczeństwa „zestawu”



Badania w RISE



CNBOP-PIB

# Instalacje PV – Badania – Ocena bezpieczeństwa „zestawu”

Wnioski:

- Moduły PV zamontowane równoległe do połaci dachu na dachach skośnych mogą wpływać na dynamikę pożaru na dachu.
- Moduły zamontowane w odległości do 12 cm mają znaczący wpływ na rozwój i rozprzestrzenianie się ognia.

Badania w RISE



CNBOP-PIB

# Instalacje PV – Badania – Ocena bezpieczeństwa „zestawu”

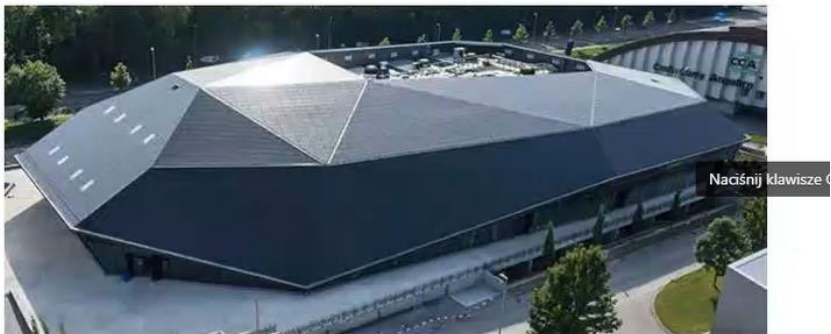
Ważne dla reakcji na ogień:

- Przednia i tylna warstwa panelu
- Sposób montażu
- Dach na którym zamontowano PV
- Rama i geometria

Możliwe źródła pożaru:

- Połączenia
- Gorące miejsca
- Okablowanie
- Falownik
- Magazyn energii
- Nieprawidłowy montaż
- Przejścia kablowe

# Instalacje PV – Badania – Ocena bezpieczeństwa „zestawu”



## BIPV

- Stosujemy wymagania CPR
  - CEN TS 1187
- Stosujemy wymagania krajowe w stosunku do elewacji
  - EN 13501-1
  - PN-B-02867





# Instalacje PV – Badania – Ocena bezpieczeństwa PV na elewacji



## BAPV

- Rozprzestrzenianie się ognia pod modułami PV
- Odpadanie modułów PV



# Instalacje PV – Badania – Ocena bezpieczeństwa „zestawu”



BAPV – inne kraje np. Włochy

- Montaż na konstrukcjach niepalnych oraz elementach pokryć dachowych i/lub elewacji (klasa 0 [Ita] lub klasa A1 [UE]).
- Ułożenie pomiędzy modułami fotowoltaicznymi a powierzchnią nośną warstwy materiału ognioodpornego co najmniej EI 30 i niepalnego (klasa 0 [Ita] lub klasa A1 [UE]).
- Alternatywnie można przeprowadzić szczegółową ocenę ryzyka rozprzestrzeniania się pożaru, biorąc pod uwagę: a) klasa odporności dachów i pokryć dachowych na pożary zewnętrzne (wg UNI EN 13501-5:2016 oraz wg UNI CEN/TS 1187:2012) oraz klasa reakcji na ogień modułu fotowoltaicznego certyfikowana wg. procedury, o których mowa w art. 2 Rozporządzenia Ministerialnego 10 marca 2005 r. zawierający „Klasy reakcji na ogień wyrobów budowlanych” do stosowania w obiektach, dla których wymagane są wymagania bezpieczeństwa na wypadek pożaru. b) Ocena ryzyka ad hoc mająca na celu osiągnięcie celów rozporządzenia UE 305/2011.





CNBOP-PIB

# Instalacje PV – Dokumenty

- Karty producenta
- Deklaracje zgodności
- Certyfikaty

## Kompleksowe Certyfikaty Systemowe oraz Produktowe



IEC61215/IEC61730/IEC61701/IEC62716/UL61730

ISO 9001: System Zarządzania Jakością

ISO 14001: System Zarządzania Środowiskiem

ISO14064: Weryfikacja Emisji Gazów Ciężarnych

ISO45001: System Zarządzania Higieną i Bezpieczeństwem Pracy

<b>KENO</b>	ZKP-PV-F-07.02	Numer wydania
	DEKLARACJA WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWYCH	01
		Data wydania
		01.07.2022

## DEKLARACJA WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWYCH

nr KENO 07/2022

- Wyrób** Zestaw konstrukcyjny: Kompletny system mocowań paneli fotowoltaicznych.
- Zamierzone zastosowanie** do stosowania we wszystkich typach budowli i budynków oraz jako konstrukcje wolnostojące.
- Miejsce produkcji** KENO Sp. z o.o.  
Ul. Daszyńskiego 609, 44-151 Gliwice, Polska
- System oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych** System 2+
- Norma zharmonizowana Jednostka notyfikowana Numer certyfikatu** EN 1090-1:2009+A1:2011  
TUV Thüringen Polska sp. z o.o. id: 2827  
2827-CPR-PW01-1-0563-0056.20.00

### 6. Deklarowane właściwości użytkowe:

Charakterystyki zasadnicze	Właściwości użytkowe
Klasa Konstrukcji	EXC1
Tolerancje wymiarów	Klasa 1 wg EN 1090-2 i EN 1090-3
Spawalność	1.4301, 1.4316, A16063, A16005A
Odporność na pęknięcie	NPD
Wytrzymałość zmęczeniowa	NPD
Nośność	Wg projektu wyd. KEN001/001 z dnia 14.06.2022
Odkształcenie w stanie granicznym użytkowności	NPD
Reakcja na ogień	A1 (konstrukcja niemalowana)
Odporność ogniowa	NPD
Zawartość kadmu i jego związków	NPD
Zawartość substancji radioaktywnych	NPD
Trwałość	Pow. 15 lat Kategoria korozyjności: C3 (z powłoką Magnelis i ca. stal nierdzewna); C3 aluminium nierozwarne

Właściwości użytkowe określonego powyżej wyrobu są zgodne z zestawem deklarowanych właściwości użytkowych. Niniejsza deklaracja właściwości użytkowych wydana zostaje zgodnie z rozporządzeniem (UE) nr 305/2011 na wyłączną odpowiedzialność producenta określonego powyżej.

W imieniu producenta  
Prezes zarządu mgr inż. Paweł Grzegorzczak

PREZES ZARZĄDU  
*Paweł Grzegorzczak*  
Pawel Grzegorzczak  
**KENO**

Data i miejsce wydania  
01.07.2022, Gliwice

Konstano Energetyka, ul. +8 32 230 29 71  
KENO Sp. z o.o. ul. Daszyńskiego 609, 44-151 Gliwice  
NIP: 141313671143, KRS: 0000496576, BDO: 000006400

Strona 1 z 1

TWÓJ PARTNER W  
BEZPIECZEŃSTWIE







# Instalacje PV – Dokumenty

Moduły PV [ ] otrzymały także certyfikat przeciwpożarowy 1 klasy

Niezależne włoskie laboratorium badawcze potwierdziło najlepsze z możliwych właściwości przeciwpożarowe modułów serii 6MB i 6MHB i wydało certyfikat przeciwpożarowy 1 klasy.

Wymagania przepisów ochrony przeciwpożarowej zgodnie z normą UNI 9177 obowiązującą we Włoszech, będącą uzupełnieniem certyfikacji typu, zgodnie z normą IEC 61730 dla danego kraju członkowskiego, są znacznie surowsze niż obowiązująca norma UE. Do montażu systemów PV można używać wyłącznie specjalnie certyfikowanych modułów fotowoltaicznych.

We współpracy z „Istituto Giordano” – akredytowanym przez rząd włoski instytutem badawczym, w lutym b.r. moduły fotowoltaiczne [ ] serii 6MB i 6MHB zostały przetestowane i uzyskały certyfikat „classe di reazione al fuoco uno” („certyfikat ochrony przeciwpożarowej klasy 1”).



Bauer

**Pomyślne testy ognioodporności przeprowadzono zgodnie z normą IEC, co skutkuje podniesieniem starego certyfikatu IEC z poprzedniej klasy pożarowej C do klasy pożarowej A.**

[ ] Solar GmbH, jeden z wiodących producentów modułów fotowoltaicznych na rynku europejskim, otrzymał certyfikat klasy pożarowej A wg normy IEC 61730-2 (UL 790) dla swoich obecnych modułów w klasie BS- Seria M6HBB-GG. Dowodzi to, że moduły szkło-szkło firmy z Selzen spełniają najwyższe możliwe standardy bezpieczeństwa w przypadku

Descrizione	Classificazione europea			Classificazione italiana
	parete	soffitto	pavimento	
materiali incombustibili	A1	A1	A1fl	Classe 0
materiali combustibili non infiammabili	A2 - s1 d0 A2 - s1 d1 A2 - s2 d0 A2 - s2 d1 A2 - s3 d0 A2 - s3 d1  B - s1 d0  B - s1 d1 B - s2 d0 B - s2 d1	A2 - s1 d0 A2 - s1 d1 A2 - s2 d0 A2 - s2 d1 A2 - s3 d0 A2 - s3 d1  B - s1 d0  B - s2 d0	A2fl - s1 A2fl - s2 Bfl - s1 Bfl - s2	Classe 1
materiali combustibili difficilmente infiammabili	A2 - s1 d2 A2 - s2 d2 A2 - s3 d2  B - s1 d2 B - s2 d2 B - s3 d0 B - s3 d1 B - s3 d2 C - s1 d0 C - s1 d1 C - s2 d0 C - s2 d1	B - s1 d1 B - s2 d1 B - s3 d0 B - s3 d1 C - s1 d0 C - s2 d0	Cfl - s1 Cfl - s2	Classe 2
materiali combustibili infiammabili	C - s1 d2 C - s2 d2 C - s3 d0 C - s3 d1 C - s3 d2 D - s1 d0 D - s1 d1 D - s2 d0 D - s2 d1	C - s1 d1 C - s2 d1 C - s3 d0 C - s3 d1 D - s1 d0 D - s1 d1 D - s2 d0	Dfl - s1 Dfl - s2	Classe 3
materiali combustibili facilmente infiammabili	non rilevante per i prodotti per scenografia			Classe 4
materiali combustibili estremamente infiammabili	non rilevante per i prodotti per scenografia			Classe 5



# Instalacje PV – Pożary

## Pożar szkoły w Józefowie. "Zapaliła się część dachu"

TVN Warszawa | Najnowsze 21 maja 2024, 14:26 | Aktualizacja: 21 maja 2024, 14:50 Źródło: tvnwarszawa.pl



## Pożar szkoły w Józefowie. "Zapaliła się część dachu"

TVN Warszawa | Najnowsze 21 maja 2024, 14:26 | Aktualizacja: 21 maja 2024, 14:50 Źródło: tvnwarszawa.pl





CNBOP-PIB

# MAGAZYN ENERGII





CNBOP-PIB

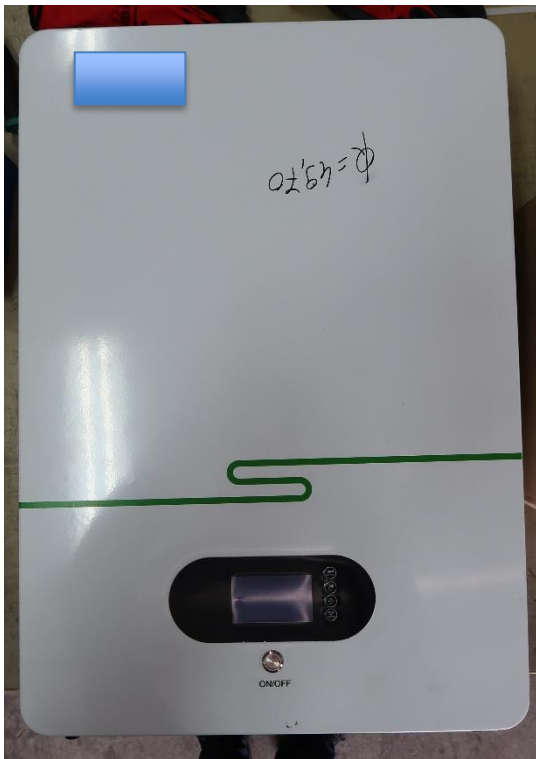
## Bateria/Akumulator Li-Ion

Akumulatory litowo-jonowe składają się z małych ogniw łączonych w paczki, które można dowolnie konfigurować dla uzyskania oczekiwanego napięcia. Skonfigurowane, ciasno ułożone paczki ogniw umieszczane są następnie w bardzo wytrzymałej, metalowej skrzyni bateryjnej. Akumulatory litowo-jonowe stanowią więc zespół szczelnie zamkniętych, trwałych bloków, którymi steruje elektronika.



CNBOP-PIB

# PRZYKŁADOWY DOMOWY MAGAZYN ENERGII



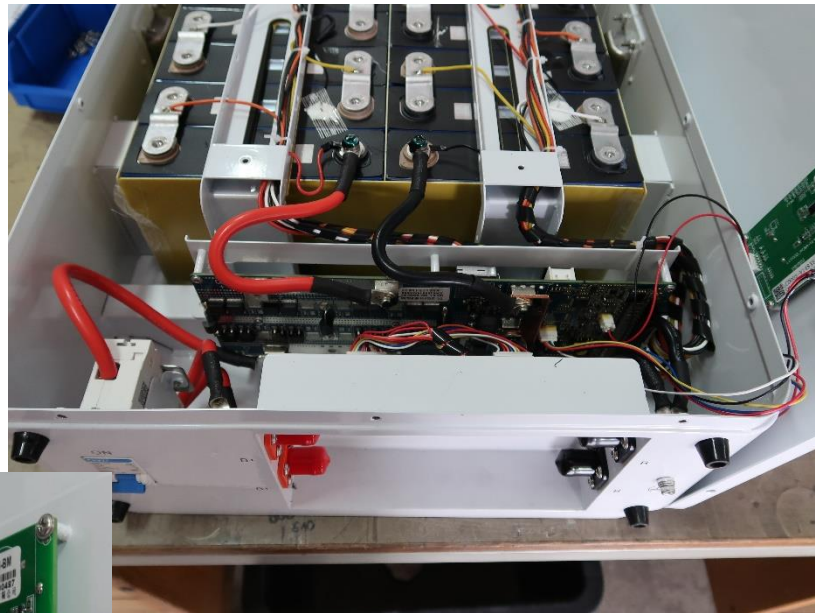
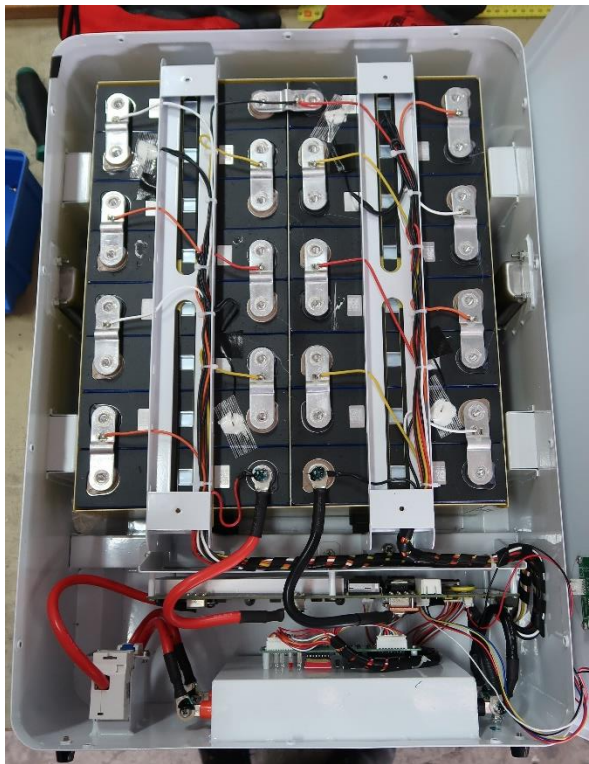
TWÓJ PARTNER W  
BEZPIECZENSTWIE





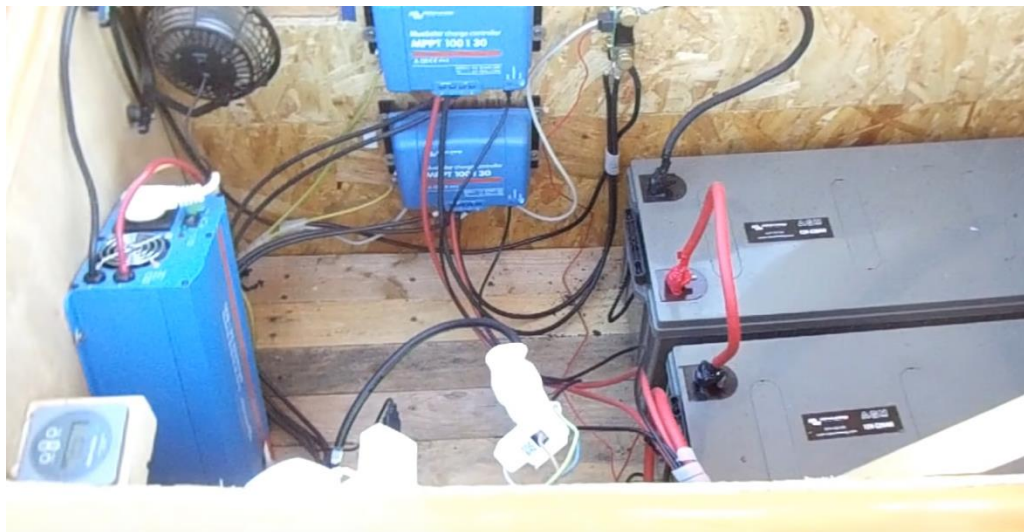
CNBOP-PIB

# PRZYKŁADOWY DOMOWY MAGAZYN ENERGII





# BADANIA, CERTYFIKACJA I NADZÓR





CNBOP-PIB

# Bezpieczeństwo użytkowania!



TWÓJ PARTNER W  
BEZPIECZEŃSTWIE





CNBOP-PIB

# Formy magazynów energii

- Przemysłowe – duże pojemności, gromadzenie energii ze źródeł odnawialnych (np. farmy fotowoltaiczne)
- Domowe – małe pojemności,
  - Profesjonalne
  - Amatorskie



Obrazy autorstwa freepik



CNBOP-PIB

# Podstawowe regulacje prawne

- Obowiązujące przepisy techniczno-budowlane i ochrony przeciwpożarowej nie mają bezpośredniego odniesienia do magazynów energii elektrycznej dlatego należy stosować wiedzę techniczną w tym obszarze np. w oparciu o normy.



CNBOP-PIB

# Podstawowe regulacje prawne

PN-EN IEC 62619:2023-02 - Ogniwa i baterie zawierające zasadowe lub inne niekwasowe elektrolity - Wymagania bezpieczeństwa dotyczące akumulatorów litowych i baterii mających zastosowanie w przemyśle

PN-EN IEC 62485-5:2021-08 - Wymagania dotyczące bezpieczeństwa baterii wtórnych i instalacji baterii - Część 5: Bezpieczeństwo eksploatacji stacjonarnych baterii litowo-jonowych

PN-EN IEC 63056:2020-12 - Baterie wtórne i baterie alkaliczne lub inne z elektrolitem bezkwasowym - Wymagania bezpieczeństwa dla wtórnych ogniwo litowych i baterii używanych w systemach magazynowania energii

PN-EN IEC 62933-5-2:2020-07 - Systemy magazynowania energii elektrycznej (EES) -- Część 5-2: Wymagania w zakresie bezpieczeństwa dotyczące zintegrowanych z siecią systemów EES -- Systemy elektrochemiczne

NFPA 855 – Standard for the Installation of Stationary Energy Storage Systems

FM Global 5-33 Electrical Energy Storage Systems

PGS 37-1 Lithiumhoudende energiedragers: energieopslagsystemen (EOS)





CNBOP-PIB

# Czy przepisy obejmują domowe magazyny energii?

- U S T A W A z dnia 24 kwietnia 2009 r. o bateriach i akumulatorach
- Art. 6. 2) bateria przemysłowa, akumulator przemysłowy – baterię i akumulator, które są przeznaczone wyłącznie do celów przemysłowych, zawodowych lub do używania w pojazdach elektrycznych, w szczególności określone w załączniku nr 1 do ustawy;
- Załącznik nr 1, punkt 8. Baterie i akumulatory, które są przeznaczone do używania w powiązaniu z płytką ogniwa słonecznego, urządzeniami fotogalwanicznymi i innymi urządzeniami wykorzystującymi energię odnawialną.





CNBOP-PIB

# Badania

## Przykładowe badania

Badanie wibracyjne

Badanie z gwałtownymi zmianami temperatury i próba cyklu termicznego

Wstrząsy mechaniczne

Integralność mechaniczna

Ognioodporność

Zabezpieczenie przed zwarciem zewnętrznym

Zabezpieczenie przed przeładowaniem

Zabezpieczenie przed nadmiernym rozładowaniem

Zabezpieczenie przed przegrzaniem

Zabezpieczenie nadprądowe





CNBOP-PIB

# Zagrożenie pożarowe

Uznaje się, że awaria akumulatorów litowo – jonowych jest zjawiskiem rzadkim. Należy jednak liczyć się z tym, że zagrożenie pożarem i eksplozją jest i już wystąpiło.

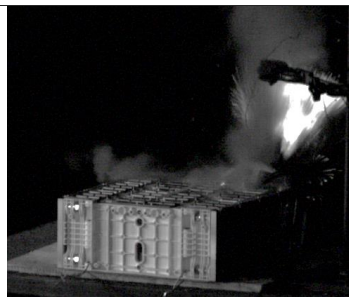
Najbardziej niebezpiecznym zjawiskiem jest proces tzw. ucieczki termicznej (thermal runaway) kiedy temperatura ogniwa wzrasta w sposób niekontrolowany. Przyczynami tego zjawiska mogą być:

- Wady produkcyjne
- Promieniowanie cieplne z zewnętrznego źródła
- Uszkodzenia mechaniczne
- Przeładowanie

## Przeładowanie LTO 10C\_doprowadzenie do rozerwania celi, ocena bezpieczeństwa przeniesienia się wybuchu celi na cele sąsiednie



Rysunek 1 Rozerwanie celi LTO



Rysunek 2 Rozerwanie celi LTO



Rysunek 3 Rozerwanie celi LTO



Rysunek 4 Rozerwanie celi LTO

### Sekwencje wyrzutu gazu z wenta.

Średnia prędkość wypływu gazu rozkładowego: **3-5 m/s**  
Ciśnienie maksymalne wybuchu wygenerowane podczas otwarcia wentu: **ok. 6 bar.**

# Pojedyncza cela LTO – oddziaływanie ognia z palnika propanowego, sprawdzenie prawidłowości zadziałania wenta odprowadzającego gazy rozkładowe



Rysunek 1 Oddziaływanie płomienia zewnętrznego na celę LTO (torch on)



Rysunek 2 Otwarcie wentu celi LTO wyrzut gazu rozkładowego (torch on)



Rysunek 3 Pojawienie się stałych produktów rozkładu w formie żarzenia (torch on)



Rysunek 4 Pojawienie się stałych produktów rozkładu w formie żarzenia i płomienia (torch on)



Rysunek 5 Wyrzut gazu rozkładowego (torch off), spadek dynamiki wyrzutu gazów



Rysunek 6 Wyrzut gazu rozkładowego (torch off), dalszy spadek dynamiki wyrzutu gazów

## Kolejne fazy towarzyszące otwarciu się wentu odprowadzającego gazy rozkładowe.

Wypływowi towarzyszy wysoki dźwięk tworzący się wskutek wypływającego gazu. Gaz jest palny, wytworzonej strudze towarzyszy znaczna liczba płonących cząstek (iskier). Prędkość gazu jest znaczna ok. 8 m/s (pomiar w odległości 500 mm).

## Wartości maksymalne temperatur:

T1max = 369°C (zewnątrzna ściana obudowy celi po przeciwnej stronie palnika),

T2max = 375°C (temperatura gazów wyrzutowych, pomiar na wys. 200 mm na powierzchnią wentu),

T4max = 121°C (dolna ściana obudowy celi)

# Moduł LTO – podgrzewanie modułu za pomocą płyty grzejnej o mocy 5kW, ocena możliwości pożaru modułu ogrzewanego od spodniej strony



Rysunek 1 Wielka ilość gazów wydobywająca się przez nieszczelności obudowy



Rysunek 2 Rozszczelnienie się wentu i uwolnienie dużej objętości gazów rozkładowych



Rysunek 3 Spadek ciśnienia gazu i zapłon, pojawienie się niewielkiego ognia



Rysunek 4 Rozzerwanie wentu i gwałtowny jet powstały w wyniku zapłonu gazów



Rysunek 5 Kolejny wybuch z zapłonem fazy gazowej



Rysunek 6 Jednoczesny płomień (jedna cela) oraz wyrzut gazu (druga cela). Można obserwować wzrost objętości cel zjawisko puchnięcia



## Przebieg temperatur mierzonych w ustalonych punktach.

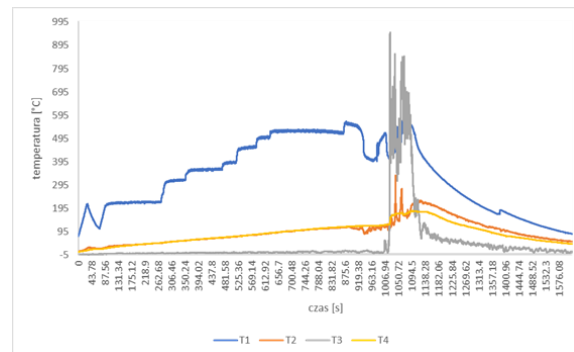
T1max = 572°C (temperatura grzejnika modułu z układu grzewczego)

T2max = 336°C (temperatura ścianki zewnętrznej celi)

T3max = 950°C [300-450°C] (temperatura płomienia i [gazów wyrzutowych] (pomiar 200 mm nad powierzchnią wentu))

T4max = 183°C (temperatura zewnętrznej obudowy modułu)

Wysokość płomienia ok. 3 m



# Moduł NMC – podgrzewanie modułu za pomocą płyty grzejnej o mocy 5kW, ocena możliwości pożaru modułu ogrzewanego od spodniej strony



Rysunek 1 Znaczną objętość gazów wydobywającą się przez wenty



Rysunek 2 Rozszczelnienie się wentu i uwolnienie dużej objętości gazów rozkładowych oraz ich natychmiastowy zapłon



Rysunek 3 Ponowny wypływ gazów rozkładowych



Rysunek 4 Rozerwanie kolejnego wentu i gwałtowny jet powstały w wyniku zapłonu gazów

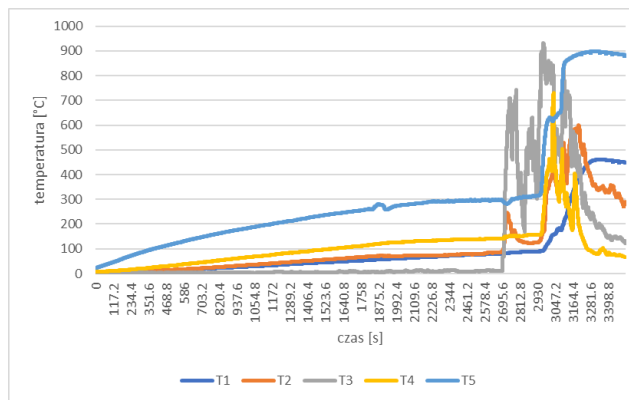


Rysunek 5 Kolejny wybuch z zapłonem fazy gazowej



Rysunek 6 Kolejny wybuch

T1max = 460°C (temperatura obudowy zewnętrznej modułu)  
 T2max = 600°C (temperatura ścianki zewnętrznej celi)  
 T3max = 932°C [300 - 450°C] (temperatura płomienia i [gazów wyrzutowych] (pomiar 200 mm nad powierzchnią wentu))  
 T4max = 730°C (temperatura zewnętrznej obudowy modułu)  
 T5max = 900°C (temperatura grzejnika modułu z układu grzewczego)





CNBOP-PIB

# Zagrożenie pożarowe

Bezpieczeństwo akumulatorów litowo-jonowych jest określane na podstawie ich składu, rozmiaru, zawartości energii, konstrukcji i jakości.

Podczas ucieczki termicznej mogą zostać osiągnięte temperatury sięgające nawet 900°C, a akumulator może uwolnić znaczną ilość palnego i (w przypadku wdychania w dużych stężeniach) toksycznego gazu.





CNBOP-PIB

# Zagrożenie pożarowe

Źródło: DOI: 10.1039/c3ra45748f

Rodzaj uwolnionych gazów i ich ilość zależy od chemii materiałów katodowych.

Testy komercyjnych ogniw 18650 na bazie grafitu z aktywnymi materiałami katodowymi typów (a)  $\text{LiFePO}_4$ , (b)  $\text{Li}(\text{Ni}_{0,45}\text{Mn}_{0,45}\text{Co}_{0,10})\text{O}_2$  i (c) mieszanka  $\text{LiCoO}_2$  i  $\text{Li}(\text{Ni}_{0,50}\text{Mn}_{0,25}\text{Co}_{0,25})\text{O}_2$ .

Składy pobranych gazów analizowano przy użyciu chromatografu gazowego (oznaczano:  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$  i  $\text{C}_2\text{H}_6$ ) – nie oznaczano  $\text{HF}$ , który może wydzielać się w znacznych ilościach.

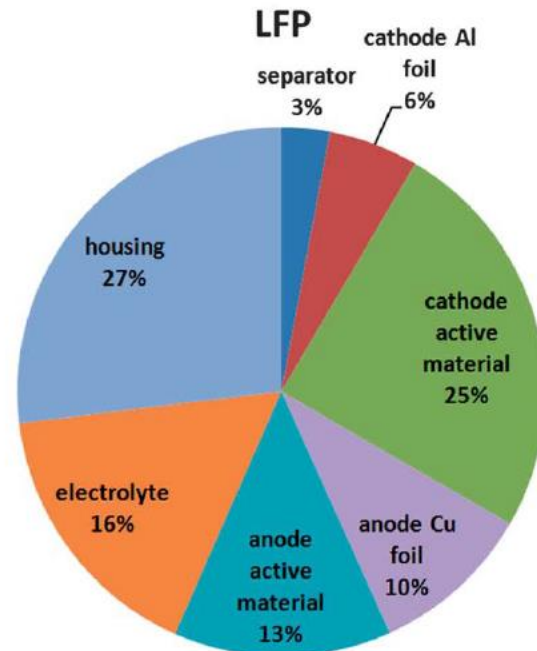
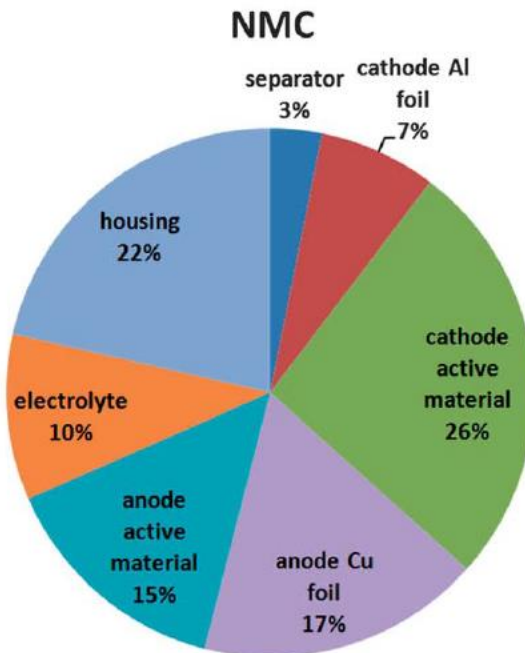
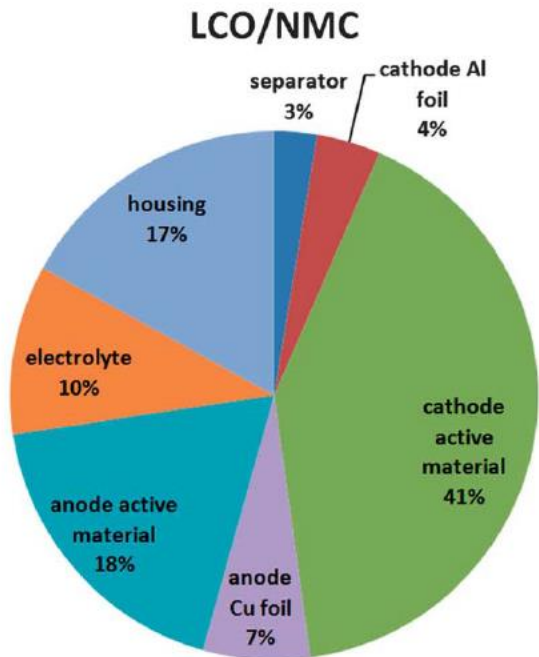
		LCO/NMC	NMC	LFP
Cell mass	g	44.3	43.0	38.8
Capacity	A h	2.6	1.5	1.1
Minimum voltage	V	3.0	3.0	2.5
Maximum voltage	V	4.2	4.1	3.5
Electrolyte solvents		DMC : EMC : EC (6 : 2 : 1)	DMC : EMC : EC : PC (7 : 1 : 1 : 1)	DMC : EMC : EC : PC (4 : 2 : 3 : 1)
Cathode material		LiCoO <sub>2</sub> : Li (Ni <sub>0.50</sub> Mn <sub>0.25</sub> Co <sub>0.25</sub> )O <sub>2</sub> (2 : 1)	Li(Ni <sub>0.45</sub> Mn <sub>0.45</sub> Co <sub>0.10</sub> )O <sub>2</sub>	LiFePO <sub>4</sub>
Anode material		Graphite	Graphite	Graphite

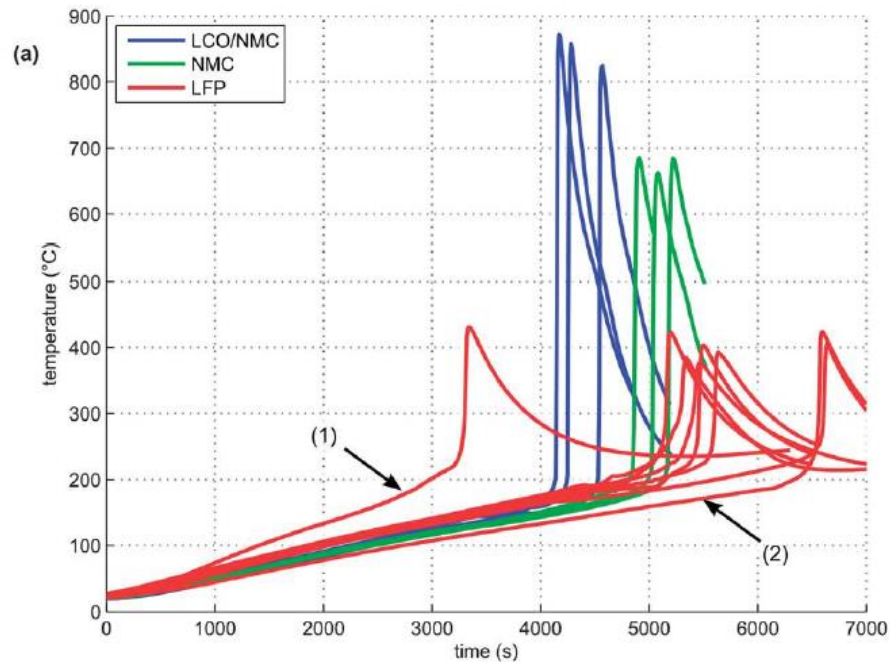
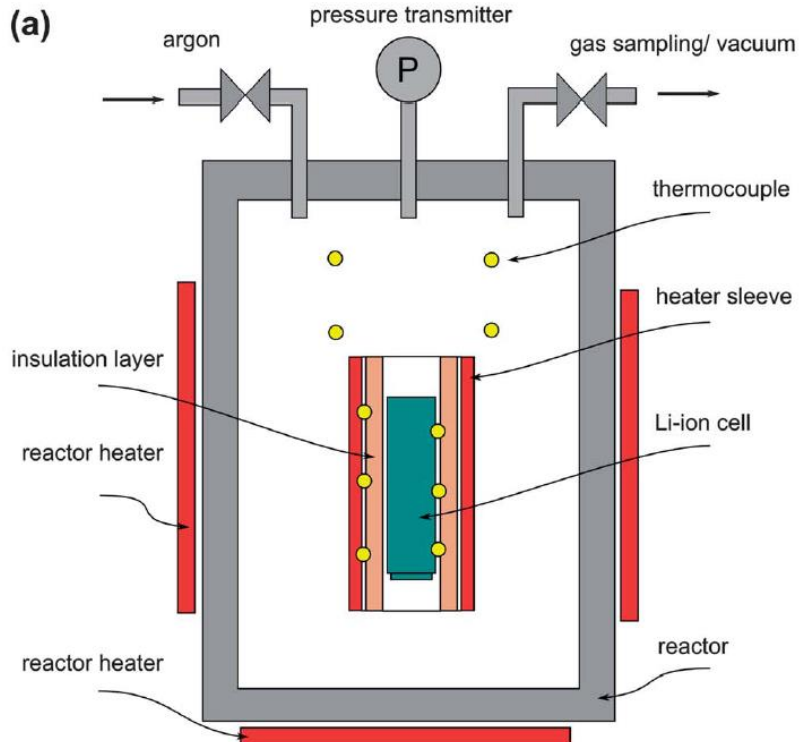


CNBOP-PIB

# Zagrożenie pożarowe

Źródło: DOI: 10.1039/c3ra45748f





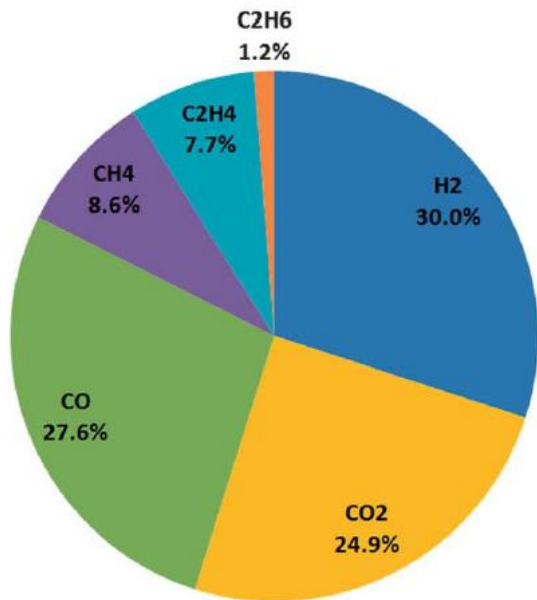


CNBOP-PIB

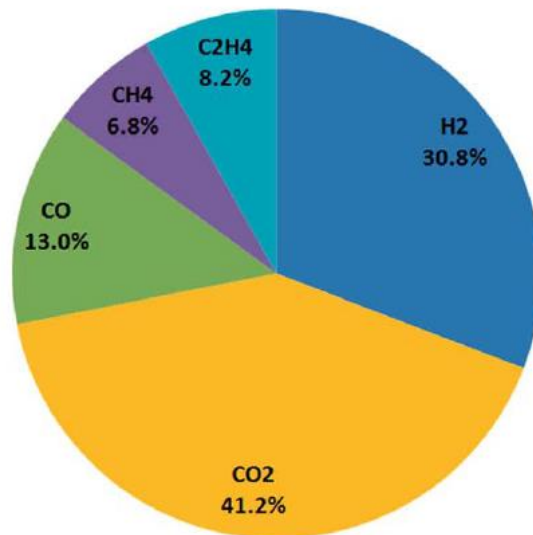
# Zagrożenie pożarowe

Źródło: DOI: 10.1039/c3ra45748f

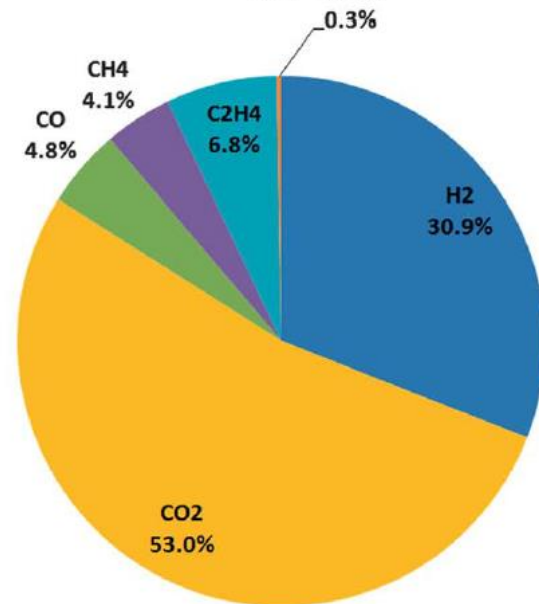
## LCO/NMC



## NMC



## LFP





CNBOP-PIB

# Zagrożenie pożarowe

Źródło: DOI: 10.1039/c3ra45748f

Skąd H<sub>2</sub>?

Jednym z możliwych źródeł wodoru jest reakcja spoiwa z Li.

Typowymi materiałami spoiwa są polifluorek winylidenu (PVdF) i karboksymetyloceluloza (CMC).

W temperaturach powyżej 230°C cząstki grafitu anody ulegają defoliacji, a Li jest wystawiony na działanie otaczającego elektrolitu i spoiwa.

Powyżej 260°C PVdF może reagować z Li na anodzie i uwalniać H<sub>2</sub>

.



CNBOP-PIB

# Požary



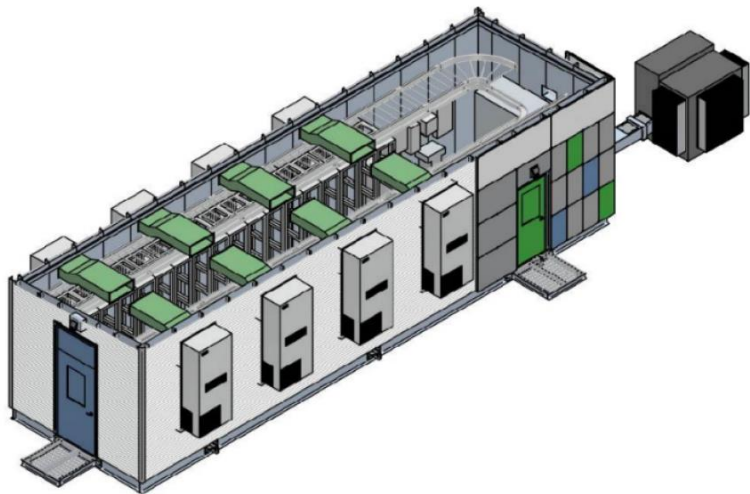
TWÓJ PARTNER W  
BEZPIECZENSTWIE





CNBOP-PIB

# Požary



BESS skonfigurowano podobnie do centrum danych komputerowych z 36 indywidualnymi pionowymi szafami rozdzielonymi na 2 rzędy po obu stronach korytarza.

Dwadzieścia siedem szaf zawierało po 14 modułów akumulatorowych oraz inwerter 80 kW. Moduły akumulatorowe zawierały 28 ogniw akumulatorowych litowo-jonowych (14 szeregowych, 2 równoległe) z chemii niklowo-manganowo-kobaltowej (NMC) i moduły BMS. Cały system łącznie został określony na tabliczce znamionowej, aby dostarczać 2 MW mocy w ciągu 1 godziny, co daje znamionową moc energetyczną na cały okres użytkowania wynoszącą 2 MWh.

## Document No.:

10209302-HOU-R-01

**Issue:** A, **Status:** Final

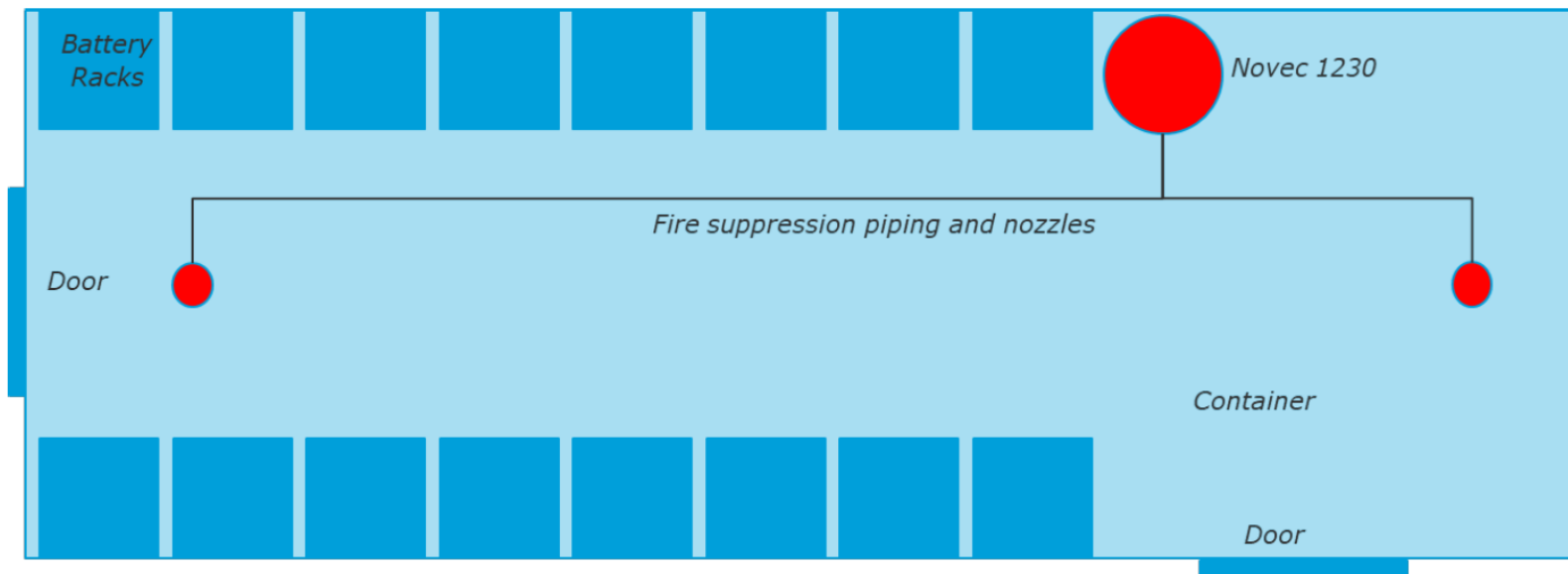
**Date:** July 18, 2020





# Požary

BESS został wyposażony w system gaszenia pożaru czystym środkiem gaśniczym Novec 1230 „total flooding”.





CNBOP-PIB

# Požary

Około godziny 16:54 19 kwietnia 2019 r. ogniwo baterii w module 2 stojaka 15 BESS doświadczyło nagłego spadku napięcia podczas cyklu ładowania.

Chwilę po wystąpieniu spadku napięcia ogniwo 7 w module 2 stojaka 15 przeszło w fazę niekontrolowanego wzrostu temperatury. To zdarzenie spowodowało wydzielanie się gazów i dymu, które aktywowały system wykrywania dymu VESDA i doprowadziły do rozładowania środka Novec 1230. Niekontrolowany wzrost temperatury ogniwa inicjującego kaskadowo przeniósł się do niekontrolowanego wzrostu temperatury sąsiednich ogniw w module 2, a następnie do akumulatorów znajdujących się w sąsiednich modułach.

Odgazowanie ogniw baterii z kaskadowego niekontrolowanego wzrostu temperatury stworzyło atmosferę palną w BESS.

Około 3 godziny po początkowym spadku napięcia i rozładowaniu środka gaśniczego strażacy otworzyli boczne drzwi kontenera, a około 2-3 minuty po otwarciu drzwi nastąpiła eksplozja.





CNBOP-PIB

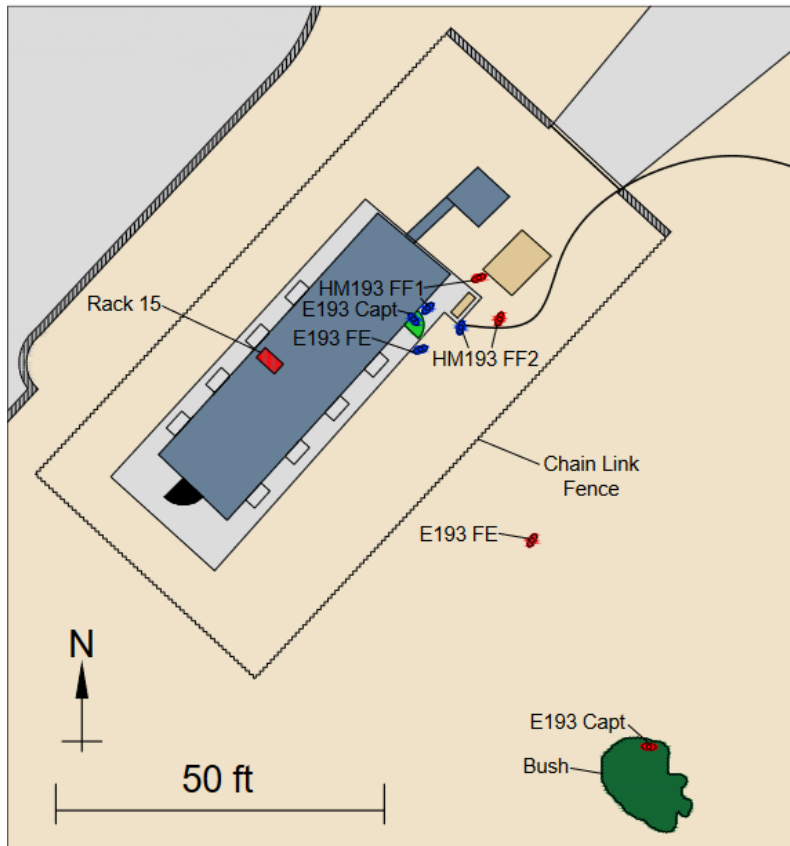
# Požary





CNBOP-PIB

# Požary





CNBOP-PIB

# Požary



Single cell failure due to internal defect

Novac 1230 discharged but did not stop thermal runaway

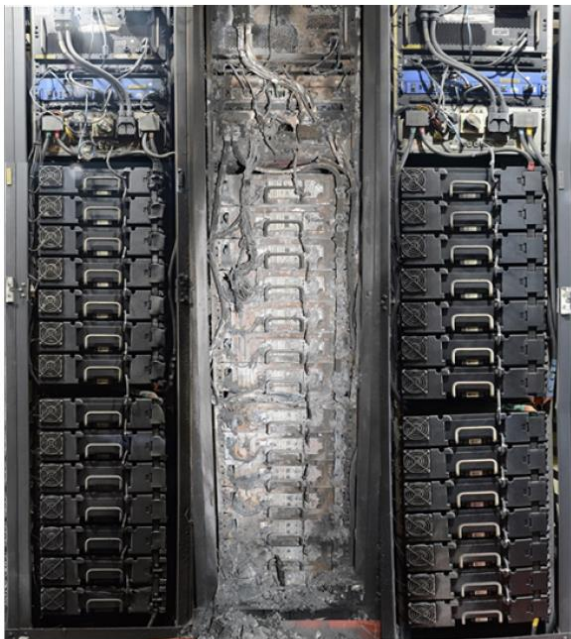
Cascading through module then rack via heat transfer

Gases accumulated and concentrated

Novac leaked from container

Door opened without proper procedures

Flammable gases ignited



Rack 17

Rack 15

Rack 13

Powstała atmosfera łatwopalna miała następujące właściwości:

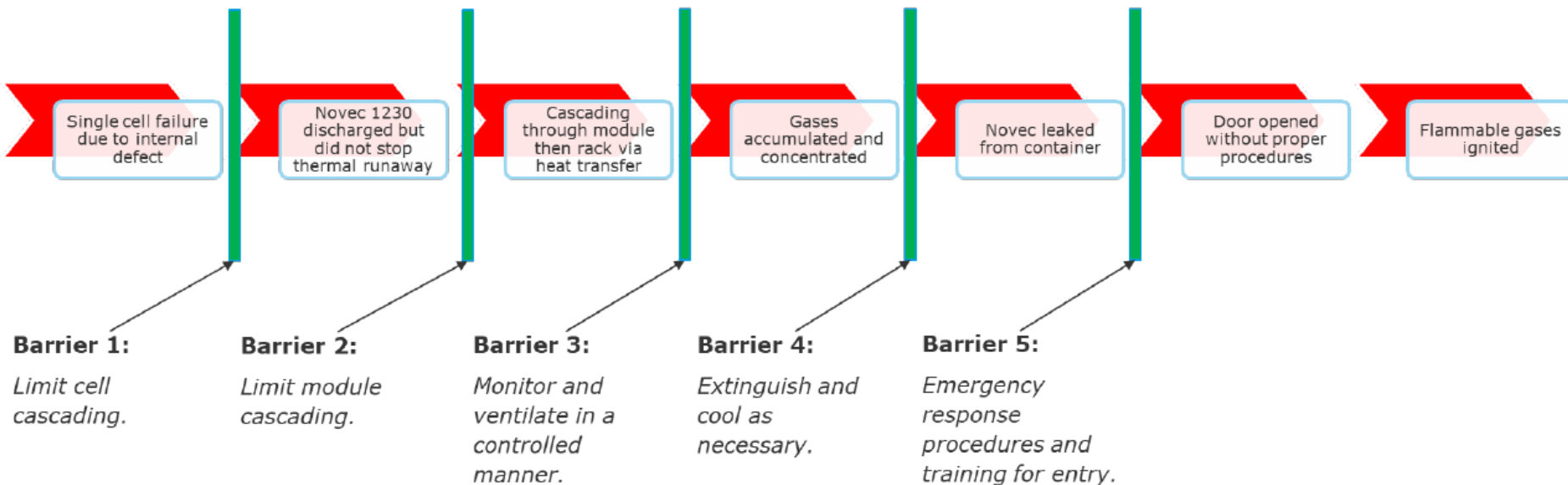
- Powietrze: 67,5%
- Novac: 8,5% (po odpowietrzeniu i rozproszeniu, w czasie, przez uszczelki pojemnika)
- Wodór: 7,4%
- Etylen: 2,0%
- Metan: 1,6%
- Tlenek węgla: 3,1%
- Dwutlenek węgla: 9,9%

Tak więc powstała atmosfera prawdopodobnie miała następujące właściwości:

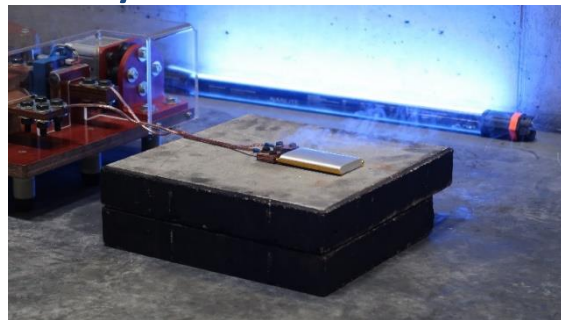
- 14,1% stężenia paliwa po ucieczce termicznej
- LFL 4,5%, UFL 46,4%, w tym obniżenie limitu przez H<sub>2</sub>



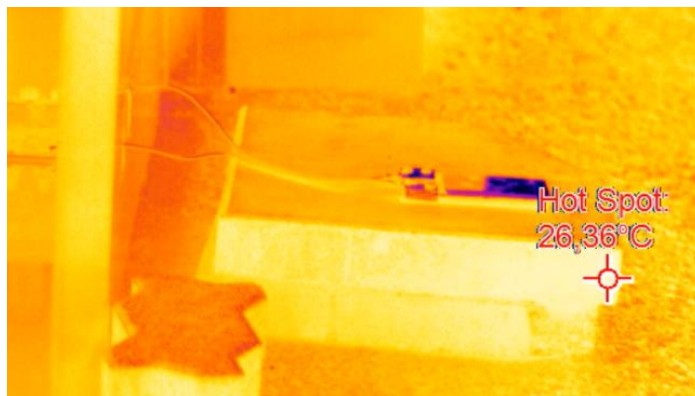
# Požary



## Test zwarcia ogniwa z odzysku z uszkodzonym BMS lub EMS



## Test zwarcia ogniwa z odzysku z działającym BMS lub EMS



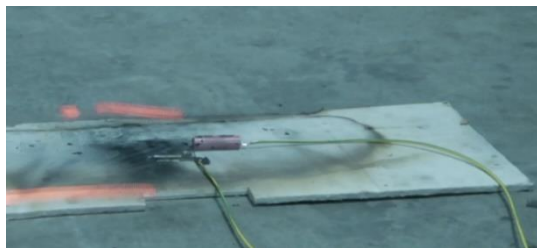




CNBOP-PIB

# Badania

## Małe baterie





CNBOP-PIB

# DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

